

氏 名 奥 野 登起男

学 位 の 種 類	学術博士
学 位 番 号	学博甲第22号
学位授与の日付	平成 2 年 3 月25日
学位授与の要件	博士課程修了（学位規則第 5 条第 1 項）
学位授与の題目	巻糸体の内部ひずみの解析とその制御法に関する研究
論文審査委員	(主査) 尾 田 十 八 (副査) 北 川 正 義 (副査) 新 宅 救 徳 (副査) 黒 部 利 次 (副査) 内 山 吉 隆

学位論文要旨

The internal strains in the yarn package is made clear through a model experiment. The experimental results are discussed and compared with the results derived from the elastic theory of yarn package. In the theory, the yarn package is modeled by a cylindrically layered film having an orthotropic elasticity. And the effectiveness of tension control method is made clear by measuring the strains in the internal part of the package, the shape in end faces and the unwinding tension from the two yarn packages. One is formed according to the theoretical tension curve which makes the residual circumferential stress to be same for all yarn layers, and the other is formed under constant winding tension.

Furthermore, the distribution of the radius Young's modulus E_r' is deduced by measuring the stiffness of the surface of the above two yarn packages. E_r' is nearly constant throughout the package for the case of tension control method, and E_r' is increased with the incremental thickness of the yarn layer for the case of constant winding tension.

1. <序>

本研究は、異方性の大きな糸や巻径の大きな巻糸体を形成した場合に、巻糸体内部に発生する座屈、あるいは端面での膨れ出しや菊巻きといった欠点の発生が巻糸体の異方性を考慮した巻張力にて形成することによって大幅に軽減され、さらに取り扱い性の優

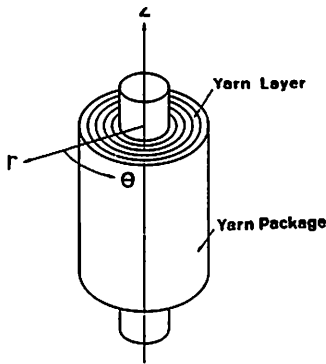


図1 薄い糸層が同心円状に累積した巻糸体

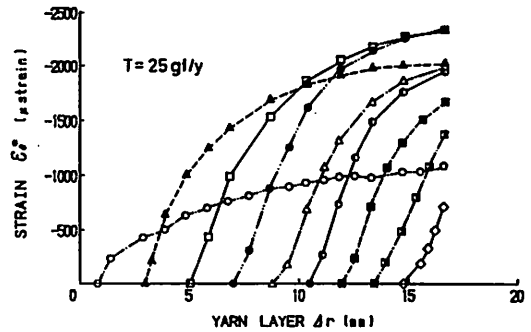


図2 ナイロン巻糸体の糸層累積に伴う円周方向ひずみ挙動

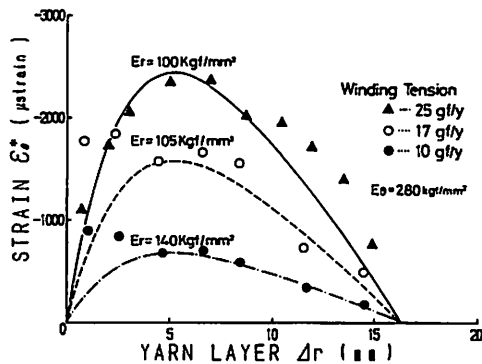


図3 ナイロン巻糸体内部の円周方向ひずみの測定値と計算値

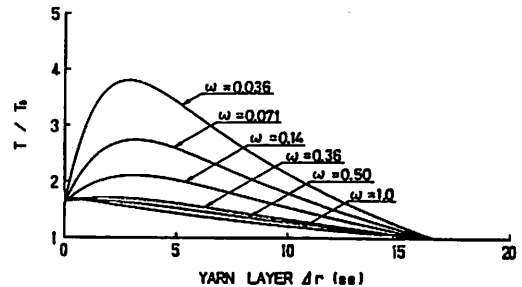


図4 円周方向の残留張力 δ_e を一定する巻張力曲線 (ナイロン巻糸体 $E_e=280 \text{ kgf/mm}^2$, ポアソン比0.4)

れた巻糸体を得られることを、モデル実験を通して明らかにし、巻張力制御の有効性を示すことを目的とする。なお、巻糸体内部の応力・ひずみ状態の解析では、巻糸体は薄い糸層を同心円状に幾重にも巻き重ねた円筒形状物(図1)と見なし、また円周方向と半径方向に異方性を持った軸対称弾性体と仮定し、2次元の平面ひずみ状態と考えて解を導出している。以下、本研究にて、明かとなったことを記して行く。

2. <巻張力一定で形成した巻糸体について>

まず、巻張力一定で巻糸体を形成した場合の内部ひずみや巻糸体の外観形状に付いて述べる。ナイロン(70 D/13 f)糸の巻糸体を形成した場合、巻糸体の内層部はその外側に次々と累積される糸層によって圧縮され続け、巻張力の大きさに比例して圧縮量は増えるが、心筒よりやや外層側の位置でのこの圧縮による円周方向ひずみが最も大きくなることが分かった(図2)。また、理論計算からも同様の傾向を示す結果が得られた。このことは、実際の巻糸体における端面での菊巻きや内部での座屈の生成位置に一致した。

次に、巻糸体内部の軸方向のひずみ挙動については、糸層の累積に伴い引張りひずみの生じることが示されており、最も引張りを大きく受けるのは心筒よりわずかなだけ外層側の位置であった。

さらに、巻糸体端部でのひずみは、円周方向、軸方向のいずれも中央部よりもその変

化が小さくなった。また、端面の膨れ出しは巻張力に比例して大きくなり、綾はずれは巻張力が大きくなると見られた。

上記の結果より、形成過程中的巻糸体内でのひずみ変化は心筒付近が最も大きく、菊巻きや膨れ出しの生じやすい位置であることが分かった。

ここで、巻糸体内部で問題となるのは内層部の糸が円周方向に圧縮されることによる糸の集束度の低下や座屈である。よって、これらのことを解決するため、特にここでは円周方向についての挙動に注目した。そこで、巻糸体形成終了後の巻糸体の円周方向ひずみをゲージ貼り付け位置にて表し、さらに各張力ごとにその測定値をよく表す異方性係数 ($\omega = E_r/E_\theta$) を求めた結果、ナイロンの巻糸体で ω は 0.36~0.50 となることが分かった (図 3)。ただし、制御時の巻張力曲線は、巻糸体形成終了時に円周方向応力が内層から外層にかけて一様となるものであり、巻糸体形成中の巻張力の変化は加算型と積算型の 2 つのタイプの摩擦方式によって張力制御を行った。また、巻張力曲線の計算例は図 4 に示すものであり、異方性の大きな糸を巻くときほどその張力管理が重要であることを示している。

3. <巻張力制御を行って形成した巻糸体について>

次に、 $\omega = 0.36, 0.50$ として張力制御を行ったときの巻糸体内部のひずみ挙動や外観形状について調べるため、巻張力一定の場合と比較した。ただし、 $\omega = 0.50$ の張力制御時の巻張力を平均した巻張力はおおよそ 17gf/y であるので、 $\omega = 0.50$ として巻糸体を形成した場合と 17gf/y 一定の場合に巻糸体内部に生じるひずみ分布を比較した (図 5)。その結果、 $\omega = 0.50$ として巻糸体を形成した場合に生じるひずみ分布は理論ひずみの曲線と比較的合っており、巻張力一定のときは計算値よりも大きなひずみが測定された。 $\omega = 0.50$ のときに実験値と理論値がほぼ一致するということは、形成された巻糸体の円周方向の内部応力はほぼ一様になっていることを示すものと推定される。さらに、巻張力制御による外観形状の比較を行った場合、張力制御の効果は内部張力の均一化だけでなく、端面の膨れ出し量を低下させ (図 6)、端面での綾はずれを減少させる効果を示すことが分かった。さらに、巻糸体からの解じょ張力についても、巻張力を一定とするよりも巻張力を制御

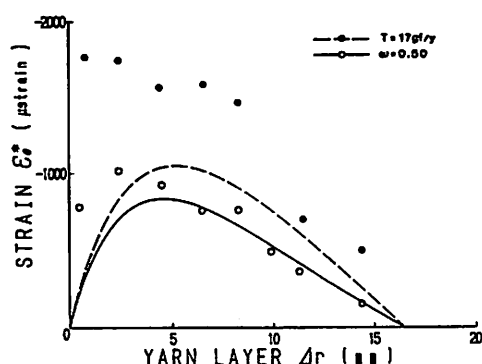


図 5 巻張力制御を有無とした場合のナイロン巻糸体の円周方向ひずみ分布

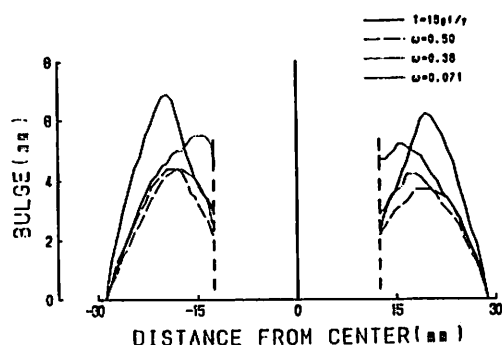


図 6 巻張力制御の有無による巻糸体端面の膨れ出し

して形成した巻糸体からの解じょ張力は小さくなった。これは、巻張力制御によって内層部や端面での糸の受ける圧縮力が張力一定とするよりも低くなっているため、糸の集束度が保たれているが、巻張力一定の場合には糸の集束が低下しているため、フィラメントの乱れが解じょ時に巻糸体表面と引っかかりを起こすことにより解じょ抵抗が高くなったと考えられる。

以上より、ナイロンの巻糸体についての異方性を0.36~0.50としたときに取り扱い性や外観形状の良好な巻糸体を得ることができた。よって、ナイロン巻糸体の円周方向のヤング率に対する半径方向のヤング率の比はほぼ0.36~0.50であると推定されることと本理論で示した巻張力制御方法の有効性が示された。

4. 〈撚糸巻糸体について〉

次に、形態的な変形を与えた撚糸について、結晶化度（異方性）の異なる3種のポリエステル撚糸（75 D / 36 f ; 1605 T/m）巻糸体の形成に伴う円周方向の内部ひずみ挙動を調べることにした。その結果、糸層の累積に伴うひずみ挙動はナイロン巻糸体の場合と同様で、円周方向ひずみは心筒よりもわずかなだけ外側で最も大きく圧縮される結果となったが、ひずみ測定値のばらつきが大きく、これは撚りの入った形態のためゲージと巻糸体表面での接着状態が不安定になっていたためと思われる。また、撚糸巻糸体の巻張力は7 gf/y と大変小さく、そのため巻糸体としての半径方向ヤング率は円周方向に比べて小さく、大きな異方性を示すことが分かった。さらに、結晶化度の小さい糸の内部ひずみが大きく測定された。これは、構造的に乱れた疎な領域の非晶部の収縮力によるものと考えられる。

さらに、この撚糸巻糸体の半径方向の特性を調べた。巻張力制御を行った場合と巻張力一定の場合の撚糸巻糸体について、巻糸体側面に変位を与え、そのときの荷重値を変位量で除した値を E_r' として、この E_r' を測定した。この結果、巻張力一定の場合、 E_r' は糸層の累積に伴い増加する傾向を示す（図7）が巻張力制御を行った場合には E_r' は内層から外層にかけてほぼ一定の値をとった（図8）。これは、巻張力制御によって内外層の特性を均一にすることができ、巻張力制御によって内外層を問わず品質の安定した巻糸

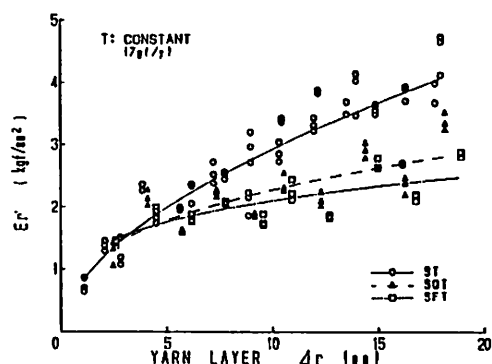


図7 撚糸巻糸体の E_r' と糸層厚さの関係
(巻張力一定)

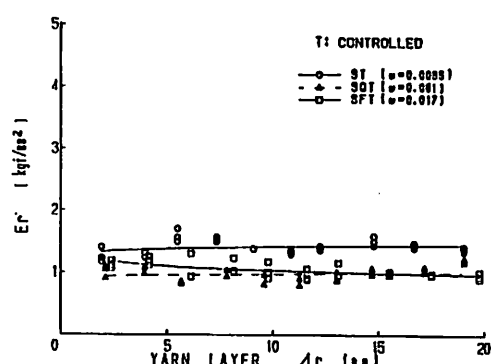


図8 撚糸巻糸体の E_r' と糸層厚さの関係
(巻張力制御)

体形成を行えることを表している。

また、撚り止めのための熱セット時のポリエステル撚糸について、そのひずみ挙動を測定した。その結果、巻張力制御、巻張力一定のいずれの場合も心筒よりわずかに外側で圧縮ひずみが大きくなることが分かった。

以上より、巻糸体は異方性体であると考えられ、糸巻量のラージ化に際し内層部での過剰圧縮や糸集束の低下を防止するためには、巻糸体の半径方向の力学的な特性の把握をはじめとして、異方性を考慮した巻き取りの必要性が分かった。これより、本研究の結果は、経験的な要素が強く残っている糸生産段階での技術革新への基礎的知見を提供するものと考えられる。

論文審査の結果の要旨

当該学位論文に関し、平成2年2月1日、第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文および関連資料について検討を加え、2月14日の口頭発表後、第2回審査委員会を開催し、協議の結果以下の通り判定した。なお、口頭発表における質疑を最終試験に代えるものとした。

本論文は異方性の大きな糸や巻径の大きな巻糸体を形成した場合、それら巻糸体内部に生ずる座屈現象あるいは端面での膨れ出しや菊巻き現象の発生メカニズムを実験的、理論的に解明し、次にそのような現象の発生を防止する方法として巻張力制御方式を提案し、その有効性を検討、吟味したものである。

まず巻糸体内部の応力、ひずみを理論的に解析しているが、それは巻糸体を薄い糸層を同心円状に巻重ねた円筒形状体と見なし、かつ円周方向と半径方向に異方性を持った軸対称体と仮定し、2次元平面ひずみ弾性論を応用して解を導出している。

この解より求められる巻糸体内のひずみ分布は、対応する実験による値と比較され、その妥当性が確認されると同時に、巻糸体内のひずみが、糸層の累積と共に円周方向には圧縮を受け、軸方向には引張りを受けること、しかもそれらの値が巻糸体心筒よりわずかな外層側で最も大きくなることを発見している。そしてこのような巻糸体の特異なひずみ分布が座屈等の現象と関連していることを明らかにし、さらにその関連性を基に座屈現象等を防止するための巻張力分布を理論的に求めている。またこの巻張力分布を実現する巻張力制御装置を開発し、ナイロン糸やポリエステル糸による対応実験を試み、巻張力制御方式による巻糸体形成の有効性を実験的に明らかにしている。

以上より、本論文は学術博士論文に値するものと判定する。